

# EFFECTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA REGENERACIÓN DE *Pinus oocarpa* var. *ochoterenae*

A. Juárez-Martínez<sup>1</sup>; D. A. Rodríguez-Trejo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Comisión Nacional Forestal, Gerencia Regional XIII Valle de México. Calle Cádiz Norte 35, Colonia Extremadura Insurgentes, Delegación Benito Juárez, México, D. F. C.P. 03740. [ajuarez@conafor.gob.mx](mailto:ajuarez@conafor.gob.mx)

<sup>2</sup>División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de Méx., C.P. 56230. [dantearuro@yahoo.com](mailto:dantearuro@yahoo.com)

## RESUMEN

Los incendios forestales favorecen la regeneración natural de muchos pinos. Por ello se estudió el renuevo de *Pinus oocarpa* var. *ochoterenae* en el municipio Sola de Vega, Oaxaca, a dos y cuatro años de haber acontecido incendios forestales, usando una aproximación sincrónica. En cada caso fueron considerados tres niveles de intensidad del fuego superficial (en términos relativos: alta, mediana y baja) y un testigo. Para el análisis de datos se utilizó un procedimiento mixto, con un modelo lineal condicional jerárquico. Se halló que en las áreas incendiadas hubo más regeneración que en las no incendiadas, que tanto a dos como a cuatro años de los incendios, la densidad de brinzales fue mayor en los sitios afectados a alta intensidad, que el pulso de la regeneración aconteció a dos años del fuego en ambos casos, y que la regeneración tiende a reducir su densidad a través del tiempo.

**PALABRAS CLAVE:** fuego, adaptaciones al fuego, ecología del fuego.

## EFFECT OF FOREST FIRES IN THE REGENERATION OF *Pinus oocarpa* var. *ochoterenae*

### SUMMARY

Forest fires favor natural regeneration of many pines. The regeneration of *Pinus oocarpa* var. *ochoterenae* in the Municipality of Sola de Vega, Oaxaca state, Mexico, was studied two and four years after forest fires. A synchronic approach was used. Three relative levels of fire intensity (high, medium and low) and a control were considered for surface fires in each case. The data were analyzed using a mixed procedure, with a linear hierarchical conditional model. Seedling density was higher in burned areas than in the non-burned areas; also, it was higher at high intensity in the areas burned both two and four years before. The regeneration pulse occurred two years later in both cases, and the seedling density declined over time.

**KEY WORDS:** fire, fire traits, fire ecology.

## INTRODUCCIÓN

El exceso de fuego en intensidad, luego de la exclusión del mismo durante muchos años, pero también el exceso en frecuencia relacionada con una alta causalidad antrópica, degrada a los ecosistemas forestales nacionales, aunque varios correspondan a un régimen de incendios frecuentes y de baja intensidad (Rodríguez, 1996; Rodríguez y Fulé, 2003). Sin embargo, los incendios forestales son de gran importancia para muchas coníferas y latifoliadas, influenciando su regeneración, reproducción, competencia, nutrición, aclareo, saneamiento y sucesión (Spurr y Barnes, 1982; Myrsterud y Myrsterud, 1997).

El fuego puede matar a los árboles adultos, contaminar el aire, dejar sin cubierta vegetal al suelo temporalmente, y facilitar la erosión en sitios con pendiente, entre otros impactos negativos. Sin embargo, para diversas especies forestales intolerantes, como la mayoría de los pinos, tal apertura del dosel implica mejores condiciones para la regeneración.

El fuego crea camas adecuadas para la repoblación de especies como la mayoría de los pinos, que se establecen más fácilmente sobre el suelo mineral. También se obstaculiza el establecimiento de otras especies que

desplazarían a los pinos en el curso de la sucesión natural (Smith *et al.*, 1997).

Asimismo, la remoción de residuos y sotobosque implica la eliminación de barreras físicas (como los zacates), que evitan que la semilla tenga contacto con el suelo mineral, entre otros efectos positivos que son referidos en el subtítulo de resultados y discusión. Lo anterior se relaciona con la severidad del incendio, que es definida por DeBano *et al.* (1998) como el nivel en el que un sitio ha sido alterado, y que principalmente (pero no exclusivamente) es producto de la intensidad del fuego y del tiempo de residencia. En términos generales, la severidad se clasifica como baja, media y alta, con base en el nivel de combustión de los materiales orgánicos de la superficie del suelo.

Los regímenes de fuego caracterizados por incendios frecuentes poco intensos, favorecen la regeneración de muchas especies de pino en México (Rodríguez y Fulé, 2003). Algunos ejemplos de la abundante regeneración que se presenta en localidades incendiadas en especies nacionales son: *P. arizonica* (Verduzco *et al.*, 1962), *P. devoniana* (= *P. michoacana*) (Flores y Benavides, 1985), *P. douglasiana* y *P. lawsonii* (Vázquez y Pérez, 1990). En este último caso se refieren 90,000 plántulas por hectárea en áreas quemadas y nula regeneración en sitios no quemados. También deben incluirse las especies serotinas, como *P. patula*, *P. greggii*, y *P. oocarpa* (Rodríguez y Fulé, 2003).

El objetivo del presente trabajo, fue evaluar el efecto que tres intensidades de incendios forestales, en dos diferentes tiempos, tuvieron sobre la dinámica de la regeneración natural de *Pinus oocarpa* var. *ochoterena*, en Sola de Vega, Oaxaca.

#### *Pinus oocarpa* var. *ochoterena*

*Pinus oocarpa* var. *ochoterena* se encuentra en Chiapas, Guerrero y Oaxaca; en Centroamérica, se halla en Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras y Belice (Perry, 1991). Crece bajo un amplio intervalo de condiciones, desde semiáridas hasta tropicales húmedas; con precipitación media anual de 800 a 3,000 mm, a altitudes de 500 a 2,600 msnm, si bien sus mejores crecimientos se dan entre 1,500 a 2,500 msnm y con precipitación media anual del orden de 1,600 mm. La temperatura media anual es de 19 °C, con extremas mínimas de -7 °C y máximas de 44 °C. La mayor parte del año es soleado, y la oscilación térmica es mínima (Perry, 1991).

*Pinus oocarpa* var. *ochoterena*, crece en masas puras o en asociación con *P. oocarpa*, *P. patula* var. *longepedunculata*, *P. maximinoi*, *P. oaxacana*, *P. tecunumanii*, *P. nubicola*, *P. ayacahuite*, *P. pringlei*, *P. teocote*, y *P. caribaea* var. *hondurensis* (Perry, 1991).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### El área de estudio

El municipio de Sola de Vega se localiza al sur del estado de Oaxaca, a 16° 27' latitud norte y 97° 16' longitud oeste (Secretaría de Gobernación, 1982). El tipo de propiedad del área estudiada es comunal. La superficie afectada por los incendios considerados en el presente trabajo, es de aproximadamente 1,000 ha.

El área de estudio forma parte de la región geográfica Sierra Madre del Sur, con pendientes de 5 a 100 %. Las altitudes van desde 1,400 a 1,700 msnm (SEP, 1990). Predominan las rocas sedimentarias. Hay varios tipos de suelo, siendo el cambisol éutrico el más abundante (Secretaría de Gobernación, 1982; Ortiz y Ortiz, 1990).

El clima es templado húmedo. La precipitación media anual es de 1,455.88 mm, distribuidos de mayo a septiembre, siendo junio, julio y agosto los más lluviosos, y diciembre, febrero y marzo los más secos. La temperatura media oscila entre 16.2 y 27 °C, con extremas mínimas de -1 °C y máximas de hasta 45 °C. El municipio cuenta con un río, denominado Sola (Secretaría de Gobernación, 1982).

Los bosques de coníferas o coníferas y latifoliadas en la región, están representados principalmente por: *P. devoniana* (= *P. michoacana*), *P. oaxacana*, *P. oocarpa* var. *ochoterena*, *P. oocarpa* var. *trifoliata*, *Quercus peduncularis*, *Q. glaucescens*, *Q. affinis*, *Q. acutifolia*, *Q. laurina*, *Q. laeta*, y *Q. glaucoidea*. En ambientes más secos, se hallan *Juniperus* spp., *Leucaena glauca*, *Pithecellobium dulce*, *Acacia* spp. y *Bursera* spp. El estrato arbustivo está dominado principalmente por *Dryopteris* spp., conocida localmente como palmilla, la cual llega a tener una cobertura que puede variar del 30 al 70 % en los bosques de *Pinus* existentes en la zona.

### Selección de sitios para muestreo

Se eligió un bosque de la especie de interés, afectado por incendios forestales superficiales en diferentes años y áreas, pero con características similares en cuanto a pendiente, composición y estructura del dosel arbóreo. Se hizo una aproximación sincrónica (Whelan, 1997), es decir, se estudiaron simultáneamente áreas cercanas que fueron afectadas por fuegos superficiales en diferentes años. Cabe señalar como comparación, que en la aproximación diacrónica se da seguimiento a una misma área durante uno o varios años. El muestreo se realizó en el año 2001. Los incendios forestales ocurrieron cuatro años (en 1997) y dos años (en 1999) atrás, considerándose también un área testigo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizó muestreo aleatorio. Se consideró una preestratificación, que incluyó áreas quemadas, no quemadas y el año de quema; así como una posestratificación con base en las intensidades del fuego. Estas últimas se definieron como: intensidad baja (IB), intensidad media (IM), e intensidad alta (IA), con base en la altura de la cicatriz que el fuego deja sobre los troncos a su paso. En el presente trabajo la altura media de chamuscado de corteza fue considerada como un indicador de la intensidad del fuego y de la severidad del mismo (Cuadro 1), si bien está pendiente un estudio avocado específicamente a la severidad del incendio, pues cabe recordar, con base en DeBano (1998), que la intensidad es sólo un componente de la severidad del fuego.

Cabe aclarar que las categorías de intensidades señaladas corresponden a incendios superficiales, pues se pueden llegar a presentar incendios de copa que serían los de realmente alta intensidad en este tipo de ecosistema. Finalmente se tuvieron los siguientes tratamientos: dos años e IB, dos años e IM, dos años e IA, cuatro años e IB, cuatro años e IM, cuatro años e IA, y el área testigo. En cada tratamiento se muestrearon sitios circulares de 1,000 m<sup>2</sup> (para arbolado adulto), concéntricos con sitios de 100 m<sup>2</sup> (para regeneración), levantándose un total de 140 sitios, esto es, 10 sitios de cada tamaño para cada tratamiento.

En los sitios de 1,000 m<sup>2</sup> se midió en 10 árboles adultos (700 árboles en total): altura total y altura de la cicatriz dejada por el fuego. En el caso de la regeneración, se identificó y diferenció a las plántulas supervivientes al incendio de aquellas establecidas después del paso del mismo, con base en el número de verticilos. Se registró la densidad por categoría de edad y la supervivencia, en ambos casos.

### Análisis estadísticos

Se utilizó el programa SAS, versión 6.12 para microcomputadoras, empleando el procedimiento mixto (Proc Mixed). Se usó un modelo lineal condicional jerárquico (Littell *et al.*, 1999).

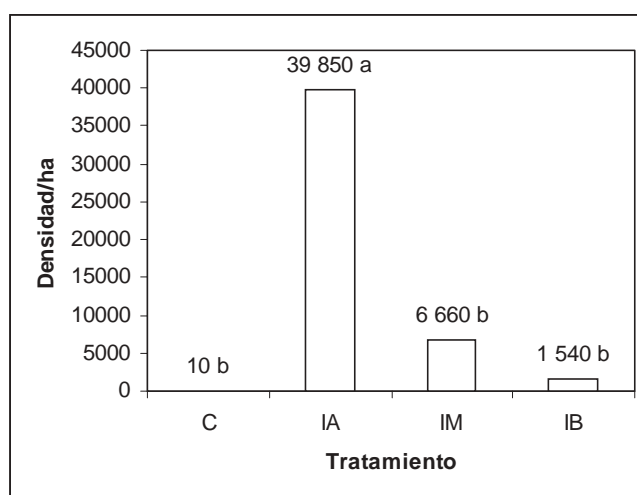
**CUADRO 1.** Intensidades de fuego consideradas con base en la altura de cicatrices sobre los troncos.

Clave	Intensidad	Altura media del chamuscado de la corteza (m)
C	Testigo sin quemar	—
IB	Intensidad baja	0.6 m
IM	Intensidad media	1.7 m
IA	Intensidad alta	4.1 m

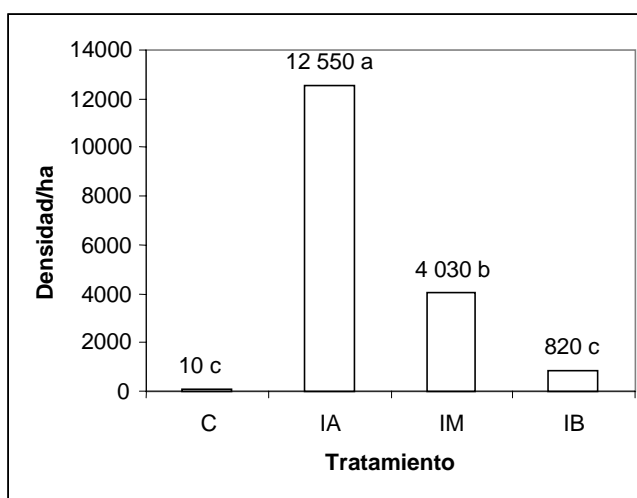
### Regeneración a dos y cuatro años de los incendios

En el caso de los sitios quemados dos años atrás (Figura 1), existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Resultó significativa la diferencia entre la intensidad alta con respecto a los demás tratamientos ( $P=0.0001$ ).

En los sitios quemados cuatro años atrás, la intensidad alta mostró mayor regeneración que los demás tratamientos ( $P=0.0001$ ). A su vez, la intensidad media exhibió diferencias con respecto a la intensidad baja ( $P=0.0360$ ) y con el testigo ( $P=0.0098$ ). No se hallaron diferencias entre la intensidad baja y el control (Figura 2).



**Figura 1.** Densidad de la regeneración natural de *P. oocarpa* var. *ochoterenae*, a dos años del incendio. Letras distintas indican diferencias significativas con la prueba de diferencia mínima significativa ( $\alpha=0.05$ ). C=testigo, IA=intensidad alta, IM=intensidad media, IB=intensidad baja.



**Figura 2.** Densidad de la regeneración natural de *P. oocarpa* var. *ochoterenae* a cuatro años del incendio. Letras distintas indican diferencias significativas con la prueba de diferencia mínima significativa ( $\alpha=0.05$ ).

Las áreas quemadas dos años antes, independientemente de la severidad del fuego, tuvieron una mayor regeneración ( $16\ 017\text{-ha}^{-1}$ ) que las no quemadas ( $10\text{-ha}^{-1}$ ). En aquellas incendiadas hace cuatro años, la tendencia se mantuvo ( $5\ 800\text{-ha}^{-1}$  para el área quemada y  $10\text{-ha}^{-1}$  en el testigo).

En la Figura 3, se puede apreciar que a dos y cuatro años del incendio, la mayor densidad de regeneración se presentó en localidades incendiadas a altas intensidades. Esto muestra que a mayor severidad de incendio superficial, y dentro del intervalo de intensidades estudiado, hubo mayor regeneración.

También se aprecia que sólo hay diferencias entre la regeneración a dos y cuatro años para la mayor intensidad del incendio. Cabe mencionar que en algunos sitios hay acceso para la ganadería de pastoreo, ovina y caprina principalmente, lo que probablemente pueda influir en alguna medida en el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural.

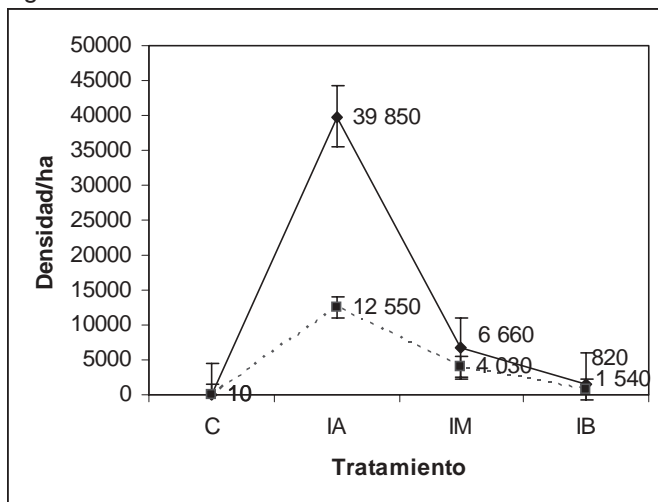


Figura 3. Comparación de la regeneración natural a dos años (línea continua) y a cuatro años (línea punteada). Las barras de error representan error estándar.

Cabe señalar que para prevenir daños a la regeneración natural es recomendable evitar que entre ganado a estas áreas, por lo menos durante los cuatro primeros años, que es la etapa en que la planta es más susceptible a daños por el mismo.

La mayor intensidad en incendios superficiales ofrece varias ventajas para la regeneración: En especies serotinas se induce la apertura de conos. Asimismo, el fuego remueve barreras físicas como arbustos, hojarasca y materiales leñosos, que dificultan el contacto de la semilla con el suelo mineral. También elimina temporalmente del sitio competencia interespecífica. Lo anterior facilita el establecimiento de la masa joven, como en *P. patula* (Vela,

1980; Miller, 2000). Debe agregarse que las condiciones posteriores a la quema implican condiciones de humedad y temperatura más favorables para la regeneración (DeBano *et al.*, 1998), además de que el fuego elimina temporalmente fitopatógenos que podrían afectar a la regeneración. Existe abundancia de literatura (por ejemplo, Chandler *et al.*, 1983), refiriendo que las cenizas contienen nutrientes que favorecen el establecimiento y desarrollo inicial de la plántula.

Desde luego, las muy elevadas intensidades en los incendios, incluso superficiales, matan más árboles adultos, los dañan y afectan su vigor y crecimiento, facilitándose la presencia de plagas y enfermedades forestales, además de la erosión y contaminación relacionada con el fuego, entre otros impactos negativos. Cabe señalar que en los sitios estudiados en este trabajo, no se halló mortalidad de árboles adultos en ningún nivel de intensidad.

Se ha referido buena regeneración sobre áreas quemadas en especies que poseen conos serotinos. Por ejemplo, Vela (1980), Rodríguez (1996) y Rodríguez y Fulé (2003), mencionan que existe una abundante regeneración de *P. patula* en localidades incendiadas.

La especie típica, *P. oocarpa*, está sometida a incendios frecuentes en parte de su intervalo de distribución natural, y aunque los árboles adultos son resistentes, el renuevo es arrasado con frecuencia. El fuego es un factor ecológico que favorece a esta especie ante la competencia de árboles latifoliados en regiones semitropicales. El calor del fuego y las altas temperaturas prevalecientes durante la época de sequía favorecen la apertura de sus conos serotinos, y las áreas incendiadas son una excelente cama para las semillas de este árbol. Los arbolitos de 2-4 años rebrotan de la raíz cuando el fuego mata al tallo (Zendejas y Villarreal, 1971; Rzedowski, 1978; Perry, 1991).

Las especies serotinas están adaptadas al factor fuego, ya que necesitan que se presenten incendios intensos para que los conos abran, la semilla sea liberada y perpetúe el bosque (Little, 1962). Sin embargo, según la forma que sea afectada la semilla puede favorecer o por el contrario perjudicar y hasta impedir el establecimiento de la regeneración natural (García, 1985), particularmente en especies no serotinas. Es decir, un fuego intenso puede menguar las semillas disponibles antes de su liberación, en tanto que un fuego no muy intenso no las afectará y se dará una buena regeneración sobre el lecho de cenizas.

Pero en la literatura disponible sobre regeneración en localidades incendiadas en el país, casi no se hace alusión a la intensidad, menos a la severidad del fuego. Una excepción es la de Flores y Benavides (1985), quienes no hallaron diferencias estadísticamente significativas en la densidad de la regeneración de *P. devoniana* en áreas quemadas de manera prescrita, unas a favor y otras en

contra del viento, en la sierra de Tapalpa, Jal. Estos autores registraron valores de 1,257 plántulas·ha<sup>-1</sup> y 1,394·ha<sup>-1</sup> para los tratamientos de quema a favor y en contra, respectivamente, aunque sí hubo diferencias con respecto al testigo (161·ha<sup>-1</sup>).

Los individuos jóvenes de *P. oocarpa* var. *ochoterena* pueden emitir rebrotes después de ser dañados por los incendios (Hudson y Salazar, 1981). En Guerrero, ante incendios frecuentes, *P. oocarpa* emite nuevos rebrotes como producto del engrosamiento de la raíz a pocos centímetros del suelo, con lo que el fuego retrasa pero no impide la regeneración del bosque, y en cambio la especie cuenta con esta ventaja para ocupar el área contra otras especies arbóreas que no cuentan con este mecanismo de adaptación (Rzedowski *et al.*, 1977; Budowski, 1966), además de poseer corteza gruesa y rápido crecimiento.

La supervivencia de árboles adultos a las llamas confiere a la especie la característica de resistente al fuego, pero su capacidad de rebrote la hace resistente al mismo. Según Hudson y Salazar (1981), *P. oocarpa* var. *ochoterena* normalmente puede sobrevivir la pérdida de hasta el 90 % del follaje, mientras que ni la yema terminal ni el cambium sufren daños, lo que evidencia otras adaptaciones al fuego en esta especie.

Por cuanto toca al tiempo que medió entre el paso de las llamas y la regeneración, en la Figura 4 se puede observar la frecuencia de plantas de un año o más de edad que se encontraron en el área quemada cuatro años atrás. Los brinzales más abundantes tenían una edad de dos años, mostrando diferencias estadísticamente significativas con el resto de las edades, que fueron: uno, tres, cuatro y cinco años (supervivientes); entre estas últimas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Esto sugiere que la disponibilidad de semillas y la mayor disponibilidad de espacio de crecimiento, facilitaron el establecimiento de plántulas, contribuyendo a la mayor densidad de las que actualmente tienen dos años. Lo anterior también incluye mortalidad de parte de la copa, que permite mayor radiación solar directa sobre el piso forestal, para los pinos intolerantes. Así, el pulso de regeneración se presentó dos años después del paso del fuego.

Evidentemente, de no tratarse de un año semillero, no se podrá aprovechar el lecho de cenizas. No debe asociarse siempre al fuego con buena regeneración. La variabilidad de los eventos referidos se demostró en los sitios quemados dos años atrás, donde no se encontraron árboles mayores a un año de edad.

### Mortalidad reciente

Se entendió como mortalidad reciente a la obtenida con base en la presencia de árboles muertos. Este tipo de

mortalidades fueron iguales a 3.0, 13.3, 0 y 0 % para las intensidades alta, media, baja y testigo, en el caso del área incendiada dos años atrás, y siguiendo el mismo orden, 6.6, 1.2, 0, y 0 % para la zona quemada cuatro años antes. En el caso del arbolado adulto, se registró una mortalidad de 0 % en todos los casos.

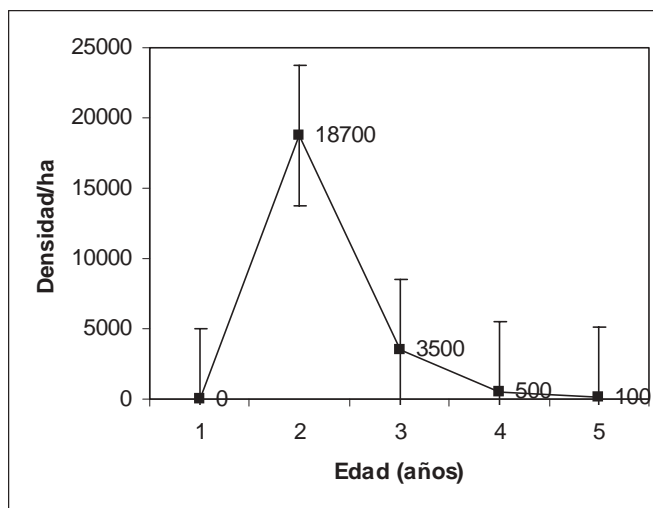


Figura 4. Regeneración de un año en adelante, a cuatro años del incendio. Las barras de error representan error estándar.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El fuego favoreció la regeneración de la especie en el área estudiada. Se encontró que a mayor intensidad del incendio superficial, mayor regeneración natural, dentro del intervalo de intensidades estudiado. Lo anterior probablemente debido a que a mayor temperatura, mayor liberación de espacio de crecimiento durante más tiempo, y a que hubo semilla disponible para recolonizar, lo que evidencia adaptación al fuego por parte de la especie estudiada.

No se observó en ningún caso mortalidad de arbolado adulto, si bien es claro que a mayores intensidades ésta sería inminente.

El pulso de regeneración se presentó a los dos años, tanto en el incendio de 1997, como en el de 2001.

Se visualiza a las quemas prescritas como un tratamiento silvícola para favorecer la regeneración de la especie, dada la pobre regeneración registrada para las áreas testigo.

Sin embargo, se debe proceder con cautela al hacer uso del fuego, de modo que no se origine mortalidad significativa entre el arbolado adulto ni erosión, entre otros impactos negativos, como escapes que generen incendios forestales, ni se recomienda quemar en presencia de renuevo.

## LITERATURA CITADA

- BUDOWSKI, A. 1966. Fire in tropical American lowland areas. *In*: Proceedings 5<sup>th</sup> Annual Tall Timbers Fire Ecology Conference. Tallahassee, Florida, March 24-25, 1966. Tall Timbers Research Station. pp. 5-22.
- CHANDLER, C.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; TRABAUD, L.; WILLIAMS, D. 1983. Fire in forestry. Vol. I. Forest fire behavior and effects. John Wiley and Sons. New York. 298 p.
- DEBANO, L. F.; NEARY, D. G.; FFOLLIOTT, P. F. 1998. Fire's effects on ecosystems. Wiley. New York. 333 p.
- FLORES G., J. G.; BENAVIDES S., J. DE D. 1985. Evaluación de dos tipos de quemas controladas en un rodal de *Pinus michoacana* en Tapalpa, Jalisco. Memoria II Congreso Forestal Mexicano. Toluca, Edo. de México, 12-16 julio, 1993. Gobierno del Estado México. Probosque-SARH-SEDESOL-ANCF-AMPF-UACH-INIFAP. 10 p.
- GARCÍA L., E. F. 1985. Efecto del fuego en la regeneración natural de *Pinus hartwegii* en Zoquiapan, Estado de México. Tesis profesional. DICIFO, UACH, Chapingo, Estado de México. 53 p.
- HUDSON, J.; SALAZAR, M. 1981. Las quemas prescritas en los pinares de Honduras. Serie Miscelánea No. 1. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. 58 p.
- LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D. 1999. SAS system for mixed models. Cary, NC. SAS Institute. 633 p.
- LITTLE JR., E. L. 1962. Variación y evolución en los pinos mexicanos. *In*: Seminario y viaje de estudios de coníferas latinoamericanas. Pub. Esp. 1. INIF-FAO, México. D. F.
- MILLER, M. 2000. Fire autoecology. *In*: Brown, J. K.; Smith, J. K. (EDS.). Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on flora. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT. U.S.D.A., F.S. Rocky Mountain Research Station. 257 p.
- MYSTERUD, I.; MYSTERUD, I. 1997. Effects of forest fires. *In*: Bleken, E., Mysterud, I., and Mysterud, I. (eds.). Forest fire and environmental management. Directorate for Fire and Electrical Safety and Department of Biology, University of Oslo. 266 p.
- ORTIZ V., B.; ORTIZ S., C. A. 1990. Edafología. UACH. Chapingo, Estado de México. 394 p.
- PERRY JR., J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon, 231 p.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D. F. 432 p.
- RZEDOWSKI, J.; VELA G, L.; MADRIGAL S., X. 1977. Algunas consideraciones acerca de los bosques de coníferas en México. *Ciencia Forestal* 2(5): 25-35.
- RODRÍGUEZ T., D. A. 1996. Incendios forestales. Mundi-Prensa. México, D. F. 632 p.
- RODRÍGUEZ T., D. A.; P. Z. FULÉ. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire* 12(1): 23-37.
- SEP (SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA). 1990. Monografía del estado de Oaxaca. Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuito. México, D. F.
- SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN. 1982. Enciclopedia de los municipios de México. México, D. F.
- SMITH, D. M.; LARSON, B. C.; KELTY, M. J.; ASHTON, P. M. S. 1997. The practice of silviculture. 9<sup>th</sup> ed. Wiley. New York. 537 p.
- SPURR H., S.; BARNES, B. V. 1982. Ecología forestal. AGT. México, D. F. 690 p.
- VÁZQUEZ C.; PÉREZ CH. I. R. 1990. Aplicación de herbicidas para liberar la regeneración de pinos en áreas incendiadas. *Ciencia Forestal en México* 15(67): 35-62.
- VELA G., L. 1980. Contribución a la ecología de *Pinus patula*. Pub. Esp. 19. INIF. México, D. F.
- VERDUZCO G., J.; FULLER, B. R.; MORANDINI, R.; FAVRE, Y.; MAHIUE, J. 1962. Ecología y silvicultura. *In*: Seminario y viaje de estudios sobre coníferas latinoamericanas. Pub. Esp. 1. SAG-FAO. México, D. F. pp. 65-98.
- WHELAN R., R. 1997. The ecology of fire. Cambridge Studies in Ecology. Great Britain. Cambridge University Press. 346 p.
- ZENDEJAS E., J. A.; VILLARREAL CANTÓN, J. A. R. 1971. Efecto de las altas temperaturas originadas por el fuego en los conos y semillas de *Pinus montezumae* y *Pinus oocarpa*. *Revista México y sus Bosques* 10(3): 25-27.